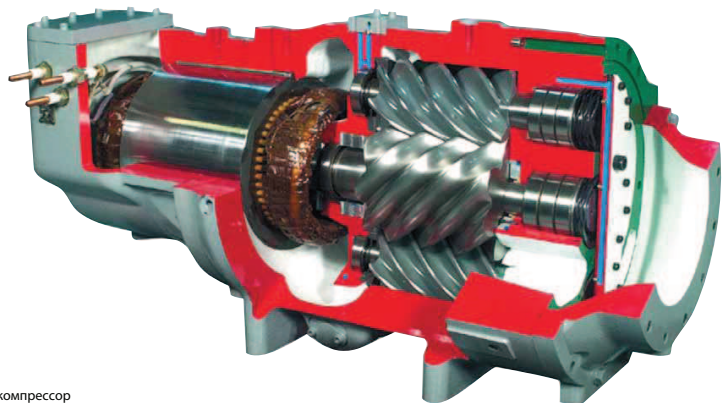




ПОД ЗНАКОМ ПЛАТИНОВОГО LEEDa

Компания Carrier постоянно работает над созданием экологически эффективных технологий, применяемых в системах холодоснабжения и кондиционирования воздуха. Чиллеры серии Evergreen предлагают высокопроизводительное, износоустойчивое оборудование, работающее с экологически безопасными, хлор-несодержащими хладагентами, которые не подлежат снятию с производства. Выбор Carrier в пользу не воздействующего на озоновый слой хладагента HFC-134a позволяет использовать экологически эффективное оборудование без ущерба для высоких показателей холодопроизводительности.

Текст МИХАИЛ ТЕРЕХОВ, канд. техн. наук, член ASHRAE, ведущий технический эксперт ANI Carrier Fzс



Трехвинтовой компрессор



Чиллер Carrier 23XRV

ЧИЛЛЕР CARRIER 23XRV

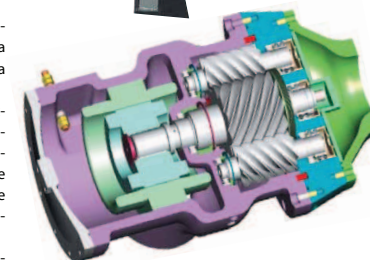
В одном из предыдущих номеров «БЗ», № 3, 2011) мы уже кратко рассказывали о высокоэффективном чиллере Carrier 23XRV. В данной статье эта водоохлаждаемая холодильная машина на базе винтового компрессора будет рассмотрена более подробно.

Все чиллеры данной серии оснащены частотно-регулируемыми электроприводами, прошедшими заводские испытания в составе холодильной машины. Частотно-регулируемый электропривод обеспечивает плавный пуск и малые пусковые токи. Для него не требуется дополнительное место в помещении хладоцентра, т. к. «частотник» смонтирован на раме чиллера. Стоит отметить и удобство подключения к электросети – у чиллера одна точка ввода силового кабеля.

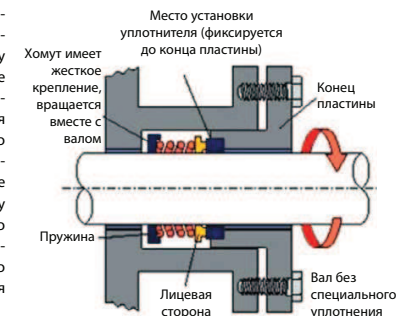
Конструкция чиллера разработана для функционирования при положительном давлении в контуре хладагента, поэтому не требует установки дополнительного оборудования, необходимого для чиллеров, работающих при отрицательных давлениях. Даже в случае разгерметизации чиллера в контур хладагента не попадет воздух/влага. У чиллера 23XRV самый низкий показатель утечек фреона в отрасли – 0,1% в год.

Еще одним достоинством чиллера является то, что опционально устанавливаемый запорный вентиль позволяет полностью заправить его фреоном на заводе и сократить время проведения пусконаладочных работ, сервисного обслуживания. Кроме того, по желанию заказчика чиллер может быть оснащен системой откачки фреона. Эти чиллеры также имеют сертификат для установки в зданиях, расположенных в сейсмически активных зонах.

Чиллер 23XRV незаменим и при работе на частичных нагрузках. Как известно, в составе систем кондиционирования воздуха на коммерческих объектах (ТРК, офисные комплексы, больницы, гостиницы) на полную мощность чиллеры работают менее 5% общего времени. Поэтому последние годы производители холодильных машин при разработке чиллеров стремятся добиться высоких показателей энергоэффективности именно при работе на частичных/неполных нагрузках. Однако для сертификации здания по системе LEED установка высокоэффективного чиллера необходимо, но недостаточное условие для того, чтобы улучшить энергоэффективные характеристики. LEED не учитывает значение интегрального показателя энергоэффективности чиллера (IPLV), поэтому получить дополнительные баллы в разделе «Энергия и атмосфера», просто установив нужное оборудование, не получится. В первую очередь, требуется разработка информационной модели здания, а чиллер – это всего лишь один из компонентов энергосберегающей системы холодоснабжения и кондиционирования.



Трехвинтовая конструкция компрессора



Место установки уплотнителя (фиксируется до конца пластины)

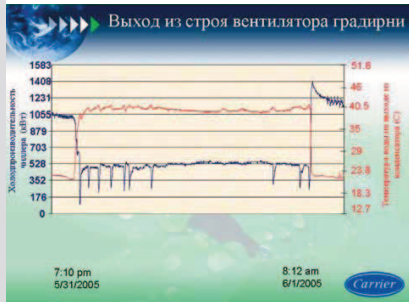
Хомут имеет жесткое крепление, вращается вместе с валом

Конец пластины

Пружина

Лицевая сторона

Вал без специального уплотнения



Конструкция чиллера 23XRV не имеет недостатков чиллеров, работающих под отрицательным давлением



Чиллер 23XRV отмечен наградой выставки ASHRAE Expo-2008 в номинации GREEN BUILDING'S PRODUCT.

ВИНТОВОЙ КОМПРЕССОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Благодаря конструктивным особенностям трехвинтового компрессора данный тип чиллеров значительно превосходит по своим эксплуатационным показателям модели, выпускаемые на базе традиционных двухвинтовых и центробежных компрессоров.

Охлаждаемый фреон двигателем KM не выделяет теплоту в машинный зал, поэтому проектировщикам не требуется увеличивать производительность систем кондиционирования и вентиляции. Мощность, затрачиваемая на охлаждение двигателя, уже входит в общую потребляемую чиллером мощность и учитывается в холодильном коэффициенте.

Кроме того, в отличие от компрессоров с открытым приводом, не требуется специального уплотнения вала, что способствует не только сокращению потенциальных утечек, но и снижает затраты заказчиков на сервисное обслуживание.

Регулирование холодопроизводительности чиллера Carrier 23XRV осуществляется изменением скорости вращения, поэтому в конструкции компрессора отсутствуют такие механизмы регулирования, как золотниковый клапан и направляющий аппарат. Минимальное количество подвижных элементов увеличивает надежность чиллера.

Сбалансированная трехвинтовая конструкция снижает нагрузку на подшипники настолько эффективно, что оборудование в условиях, соответствующих нормам AHRI, будет безотказно работать более 50 лет.

Включение в конструкцию трехвинтового компрессора нового поколения позволяет получить уникальные эксплуатационные характеристики чиллера Carrier 23XRV. Поэтому достичь значений эффективности, близких к показателям IPLV у чиллера 23XRV, просто оставив «частотником» двухвинтовой компрессор, не удастся. У двухвинтовых компрессоров по сравнению с компрессором чиллера 23XRV есть несколько основных недостатков.

К ним относится наличие значительных радиальных и осевых нагрузок, что требует применения усиленных подшипников и большого количества масла. Изменение скорости вращения винтов накладывает дополнительные, более высокие требования, предъявляемые к вязкости масла и системе смазки компрессора в целом.

Как правило, длина двухвинтового компрессора вдвое больше, чем трехвинтового. Это приводит к увеличению радиальных нагрузок на подшипники и более высоким потерям в процессе сжатия.

И, возможно, самый неприятный момент. Хорошо известно, что в винтовых компрессорах масло используется не только для смазки подшипников, но и для обеспечения масляной пленки и исключения протечек между винтами в процессе сжатия. Передача большего крутящего

- * 23XRV стабильно работает при 25% от номинальной холодопроизводительности при температуре воды на входе в конденсатор 36,7°C.
 - * 23XRV выходит на 100% холодопроизводительность менее чем за 5 минут после восстановления электропитания.
 - * 23XRV стабильно работает при 10% от номинальной холодопроизводительности при температуре воды на входе в конденсатор 28,3°C.
 - * 23XRV работает при уменьшении на 50% расхода воды через конденсатор за 30 сек.
 - * При снижении протока через испаритель вдвое, меньше чем за одну минуту 23XRV адаптируется к новым рабочим условиям. Данная функциональная возможность чиллера особенно актуальна для схем холодоснабжения с переменным расходом хладоносителя (воды) через испарители чиллеров.
- В системах с переменным расходом хладоносителя – при уменьшении расхода вдвое – холодопроизводительность чиллера также должна быть снижена на 50%. Если это произойдет недостаточно быстро, то приведет к резкому снижению температуры воды на выходе из испарителя, что, в свою очередь, может стать причиной аварийной остановки чиллера для защиты от замерзания хладоносителя в испарителе.

момента между двумя винтами требует большего количества масла. Эта дополнительная смазка, по существу, просто обеспечивает функцию передачи большего крутящего момента и не служит никакой другой полезной цели.

Благодаря рассмотренным конструктивным особенностям, чиллер 23XRV имеет широкий рабочий диапазон. Температура на выходе из испарителя может варьироваться в интервале от +4 до +12°C, а на стороне конденсатора – от +13 до +38°C. Возможен также и инверсионный пуск, когда температура воды на входе в конденсатор ниже температуры воды на входе в испаритель. На рис. 1 изображена трехмерная карта работы компрессора. Чиллер стабильно функционирует в любой точке внутри куба и в его углах. При этом помпаж (нестабильный газодинамический режим работы компрессора, приводящий, как правило, к аварийной остановке холодильных машин или к выходу из строя компрессора) исключен при любых режимах работы! В то время как центробежные чиллеры любой конфигурации (одно-, двух-, четырехступенчатые) при значительном отклонении рабочих условий от расчетных значений (температур и давлений конденсации и кипения, работе при неполных/частичных нагрузках) склонны к переходу в режим помпажа и остановке по аварии.

Как правило, в случае выхода из строя вентилятора градирни температура воды в контуре конденсатора увеличивается на 20 градусов менее чем за 6 минут. На рис. 2 – график, построенный на данных из реального лог-файла системы диспетчеризации одного из объектов, в которой чиллер «опрашивается» каждые 15 секунд. В настоящий момент на рынке нет ни одного центробежного чиллера, который в такой ситуации не перешел бы в аварийный/помпажный режим работы.

23XRV снижает в такой ситуации холодопроизводительность, чтобы не превысить максимально допустимой температуры нагнетания, при которой он останавливается. При этом снижение холодопроизводительности чиллера 23XRV происходит за минимальное время, не достижимое холодильными машинами на базе стандартных двухвинтовых компрессоров.

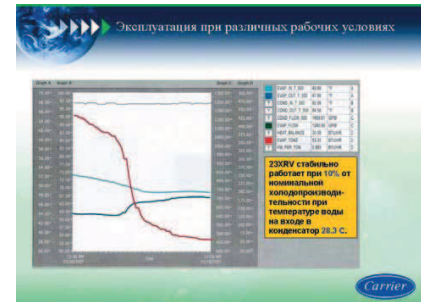
ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Все чиллеры Carrier Evergreen поставляются со встроенной многоязычной системой управления, позволяющей пользователю с легкостью регулировать более 125 рабочих и диагностических параметров. Автоадаптивные алгоритмы контроллера чиллера, поддерживающие максимальные показатели энергоэффективности холодильной машины в различных условиях эксплуатации, могут стать одним из ключевых факторов, который позволит наиболее эффективно использовать систему кондиционирования в соответствии с непрерывно изменяющимися условиями работы. Кроме того, AHI Carrier Fzс всегда готово предложить заказчику решение WebCTRL для комплексной системы диспетчеризации как хладоцентров, так и инженерных систем зданий в целом.

На инновационных и экоэффективных решениях Carrier базируются системы кондиционирования и холодоснабжения известнейших в мире зданий и объектов культурного наследия. Примером может служить здание Bank of America в Нью-Йорке, которое стало первым небоскребом, получившим Платиновый сертификат рейтинговой системы LEED. ■



AIR CONDITIONING & HEATING INTERNATIONAL
 Kievskaya str, 7, 113093, MOSCOW, RUSSIA
 Tel.: +7 (495) 937-42-41, Fax: +7 (495) 937-18-90
 E-mail: ahi@ahi-carrier.ru



pany KONE offers its customers the balanced decisions. Modern KONE elevators are reliable, high speed, comfortable and energy-efficient. That's why the KONE technique equipment was chosen for the most complicated and prestigious facilities such as "Moscow City" towers.

Depending upon customer needs, the company consultants will be happy to offer a suitable model of the elevator. For delivery to the upper floors of skyscrapers will perfectly match one of the fastest elevators in the world - KONE MiniSpace™, capable of speeds up to 17 m/s during the ascent of passengers to an altitude of 500 meters. Absolute architectural freedom gives KONE elevator MonoSpace, which does not require a machinery space. But the most important thing is that the KONE equipment, as well as the processes of its installation, maintenance and utilization is thought out to the last detail and the maximum eco-efficient that allows saving significant customer means during entire lifespan of equipment.

ECO-EFFICIENT TECHNOLOGIES

Ecological paradigm is the basis of KONE corporate philosophy. In each unit of this international Finnish based corporation is paid much attention to efficiency of applied technology and environmental care. In particular, the top-managers of all levels have the task of annual emission reductions CO₂ in atmosphere of 5%. This enables gradually decrease the harmful effects of technological environmental impact by the company equipment, as well as reduce costs on electricity.

The basis of all KONE hoisting mechanisms is unique engine KONE EcoDisk®. The technology was developed in the company's own research center and enabled to create several series of eco-efficient elevators and escalators. KONE EcoDisc® works without a reduction gearbox. At the same time the synchronous frequency-controlled drive with vector control (V3F) provides fine adjustment of the speed of the lift and lower power consumption. Therefore, this hoist uses up to 70% less electricity than traditional models of engines. It has no lubricated details that help to protect the environment from chemical wastes and carry out preventative maintenance of elevators more rarely.

High eco-efficiency of KONE hoisting machines is ensured not only due to unique actuator. Most elevators supplied with LED lights that consume electricity by almost 80% less than standard halogen bulbs, and serve 10 times longer. Intelligent control system automatically converts the elevator to the standby mode when not in use, for this time turning off lighting, heating and ventilation and thereby providing additional savings.

For those customers who want to achieve the maximum energy efficiency in the building, KONE specialists have developed hoisting mechanisms with the energy recovery function. Such a device can be installed on any

KONE elevator to return the power to the network under certain operating modes. Thus, up to 35% of energy can be recovered for reuse.

Elevator control also implemented in accordance with the principles of eco-efficiency. In large buildings, where the hoisting equipment is working in groups, KONE elevators can operate together, using special "genetic" algorithm for the optimal route. This approach reduces power consumption by minimizing movements of the empty elevator cabs and help passengers to get to proper floor as quickly as possible. Even greater effect can be achieved using a system of KONE Polaris®, which allows selecting the destination floor while landing in the elevator. It is capable to manage any number of lifts, offering the user to specify required floor on the scoreboard in the lobby of the building. Immediately after selecting the floor will be defined an elevator that will take the potential passenger to the required floor as quickly as possible, and shown an illustrative track diagram of way to it.

GREEN MODERNIZATION

We already reviewed the high-performance chiller Carrier 23XRV in short ("TB", No 3, 2011). In this article we would like to examine this water-cooled refrigerating machine on the base of a screw compressor in detail. All chillers of this series are equipped by variable-frequency electric drives factory tested in refrigerating machines. The variable-frequency electric drive provides a soft start and low starting current. It doesn't require an additional place in a refrigerating center room, as the starting current is installed in a frame of the chiller. It is worthwhile to mention that it is easy to connect electricity network as the chiller has just one point of power line entry. The chiller construction is developed for operation in cooling agent circuits with positive pressure. Therefore it doesn't require installing additional equipment necessary for chillers operating under negative pressure. In the event that the chiller becomes depressurized, air or moisture doesn't penetrate into the cooling agent circuit. The chiller 23XRV has the lowest indices of freon leak in the industry - 0.1% per year. Other advantage of the chiller is that a stop valve optionally installed permits to fill it by freon in factory and reduce time of balancing and commissioning, maintenance services. In addition, by a customer's desire, the chiller can be equipped by a freon extraction system. These chillers have a certificate for installation in buildings situated in seismic zones.

ECOLOGICAL ECOLOGY Under the Sign of LEED Platinum

(p. 110)
TEXT BY MICHAEL TEREHOV, PH. D. IN ENGINEERING, MEMBER OF ASHRAE, LEADING TECHNICAL EXPERT IN AHI CARRIER FZC

The company Carrier always works on creation of ecologically effective technologies for cooling and air-conditioning systems. The Evergreen chillers offer efficient and enduring equipment operating on the base of ecologically safe chlorine-

free cooling agents which aren't subject to phasing out. A Carrier's choice is in favour of a cooling agent HFC-134a which doesn't influence on the ozone layer and it is possible to use ecologically efficient equipment not reducing high indices of cooling power.

CHILLER CARRIER 23XRV

We already reviewed the high-performance chiller Carrier 23XRV in short ("TB", No 3, 2011). In this article we would like to examine this water-cooled refrigerating machine on the base of a screw compressor in detail.

All chillers of this series are equipped by variable-frequency electric drives factory tested in refrigerating machines. The variable-frequency electric drive provides a soft start and low starting current. It doesn't require an additional place in a refrigerating center room, as the starting current is installed in a frame of the chiller. It is worthwhile to mention that it is easy to connect electricity network as the chiller has just one point of power line entry.

The chiller construction is developed for operation in cooling agent circuits with positive pressure. Therefore it doesn't require installing additional equipment necessary for chillers operating under negative pressure. In the event that the chiller becomes depressurized, air or moisture doesn't penetrate into the cooling agent circuit. The chiller 23XRV has the lowest indices of freon leak in the industry - 0.1% per year.

Other advantage of the chiller is that a stop valve optionally installed permits to fill it by freon in factory and reduce time of balancing and commissioning, maintenance services. In addition, by a customer's desire, the chiller can be equipped by a freon extraction system. These chillers have a certificate for installation in buildings situated in seismic zones.

The chiller 23XRV is indispensable for operation with part loads. As is known, chillers being a part of air-conditioning systems in commerce objects (TPK, office complexes, hospitals, hotels) work less than 5% of total time. Therefore producers of refrigerating machines developing chillers try to achieve high indices of energy efficiency exactly during work with partial loads. An installation of high efficient chiller is necessary for a LEED certification of buildings, but it is inefficient condition for improving energy efficient characteristics. The LEED doesn't take into account a value of integral index of chiller energy efficiency (IPLV), and so you will not obtain additional balls in the section "Energy and atmosphere" just installing a required equipment. First of all a development of information model of the building is required and chiller is just one of components from the energy saving

cooling or air-conditioning system. The chiller 23XRV has an award from the exhibition ASHRAE Expo-2008 in the nomination GREEN BUILDING'S PRODUCT.

SCREW COMPRESSOR OF NEW GENERATION

Thanks to constructive characteristics of triple-screw compressor, this type of chillers considerably exceeds by their operating indices models which are made on the base of two screws and centrifugal compressors.

A compressor motor cooled by freon doesn't emit heat in the machine room so developers don't need to increase an efficiency of conditioning and ventilation systems. A power consumed for motor cooling is included in total power used by chiller and taken into account in refrigeration efficiency.

In addition, as opposite to compressors with an open drive, it doesn't require a special shaft seal that provides a reduction of potential leaks and customer's costs for service maintenance too.

A cooling adjustment of the chiller Carrier 23XRV is realized by changing a rotary speed, so the compressor construction doesn't have adjustment mechanism like a valve in guide vanes. A minimum quantity of moving parts increases a chiller safety.

A balanced triple-screw construction decreases a load on bearings so efficiently that the equipment in conditions corresponding AHRI norms will operate reliably more than 50 years.

The triple-screw compressor of new generation gives unique performance to the chiller Carrier 23XRV. Therefore it is impossible for twin-screw compressor to achieve efficiency indices like IPLV indices of the chiller 23XRV just adding the starter current. The twin-screw compressor equipped by a variable-frequency drive has some main defects in comparison with the compressor of the chiller 23XRV.

There are considerable radial and axial loads which require reinforced bearings and significant oil. Changes of screw rotation speed require additional and higher characteristics to oil viscosity and compressor lubrication system at whole.

As a rule, twin-screw compressors are approximately twice as long as the triple-screw. This results in more loads on the radial bearings and higher compression losses.

And maybe, it is most upsetting moment. It is known, that screw compressors need oil not just for bearing lubrication but to obtain an oil film and except a flow between screws during pressure too. The transfer torque between screws is high requiring more oil. This extra lubrication is simply a function of the torque transfer and serves no other useful purpose.

Thanks to above reviewed construction peculiarities the chiller 23XRV has a wide operating range. A temperature coming through evaporator can varies between +4 and +12°C and in condenser side - between +13 and +38°C. An inversion launch is possible

too when a temperature of entering condenser water is lower than a temperature of entering evaporator water. The picture 1 demonstrates 3D of a compressor flow chart. The chiller stably operates at any corner and any point within a cub. And any surge (unstable gas-dynamic operating regime of compressor, which results in emergency shutdown of cooling machines or compressor damage) is impossible at any operating regimes! And centrifugals of any type (1-stage, 2-stage, 4-stage) are all subject to surge and emergency shutdown if asked to meet conditions significantly outside their designed application.

And in the event that a fan of water-cooling tower damages, a temperature of water in the condenser circuit increases at 20 degrees by less than 5 minutes. The picture 2 demonstrates a chart on the base of real log-file data from a dispatching system of an object where the chiller takes data every 15 seconds. There is not a centrifugal on the market today that would not have gone into surge and shut down. The 23XRV just would decrease cooling power not to exceed a maximum temperature of pumping at which it stops working. And the chiller 23XRV decreases cooling power within a minimum time, which is unreachable for cooling machines on base of standard twice-screw compressors.

And in the event that a fan of water-cooling tower damages, a temperature of water in the condenser circuit increases at 20 degrees by less than 5 minutes. The picture 2 demonstrates a chart on the base of real log-file data from a dispatching system of an object where the chiller takes data every 15 seconds. There is not a centrifugal on the market today that would not have gone into surge and shut down. The 23XRV just would decrease cooling power not to exceed a maximum temperature of pumping at which it stops working. And the chiller 23XRV decreases cooling power within a minimum time, which is unreachable for cooling machines on base of standard twice-screw compressors.

SAFETY Differential Equations and Assumptions (p. 114)

TEXT BY DR. LEO RAZDOLSKY, LR STRUCTURAL ENGINEERING INC., PROFESSOR AT NORTHWESTERN UNIVERSITY, EVANSTON, IL, USA

CONCLUSION. Beginning in №3, p. 112 - 117 DIFFERENTIAL EQUATIONS

Based on all these assumptions the differential equations for heat and mass transfer are written as follows [6]:

$$c_{p,i} \rho_i \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(A_{grad} T - c_{p,i} \rho_i v_i T) + Q_{acc} - E + RT - \frac{\sigma \sigma A_i (T_i^4 - T_w^4)}{v_i} \quad (9)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \Delta C_i - \text{div}(v_i C_i) - \frac{V_i}{V_i} Q_{acc} - E + RT, \quad (10)$$

Where: $c_{p,i}$ - average specific heat at constant pressure; ρ_i - air density; T - temperature; t - time;

$\vec{v}(u,v,w)$ - velocity vector; Q - heat rate (heat effect of chemical reaction); V - compartment volume; C_i - the mass fractions (concentrations) of the individual gaseous species; v_i and v_i - the stoichiometric coefficients. The mass fractions are defined as follows:

$$C_{m,i} = \frac{M_i C_i}{\sum M_i C_i} = \frac{M_i C_i}{\rho} \quad (11)$$

Where: "i" and "k" - are gas components numbers; M - molecular weights.

For the binary mixture of gas species:

$$C_{m,i} + C_{m,j} = 1. \quad (12)$$

The Fick's Law for the multi-mass fractions mixtures diffusion process can be written as follows:

$$g = -D \rho \text{grad} C_{m,i} + \vec{v} C_{m,i} \quad (13)$$

Where: D - diffusion coefficient (m²/sec) and $C_{m,i}$ - concentrations of mass fractions.

from a nominal refrigeration capacity on 28.3°C entering condenser water temperature.

* **23XRV operates as condenser water flow reduced by 50% in 30 seconds**

* **When the flow rate through evaporator is cut in half, in less than a minute 23XRV quickly adjusts to new conditions. This functional characteristic of the chiller is very topical for cooling schemes with variable flow rate (water) through evaporators of chillers.**

In a variable primary flow system, if you cut the evaporator flow to the chiller in half, you have to cut the load in half. If the chiller does not unload quickly enough, the chilled water temperature will drop and either result in an emergency shutdown of the chiller to prevent a cold agent from freezing.

SAFETY Differential Equations and Assumptions (p. 114)

TEXT BY DR. LEO RAZDOLSKY, LR STRUCTURAL ENGINEERING INC., PROFESSOR AT NORTHWESTERN UNIVERSITY, EVANSTON, IL, USA

CONCLUSION. Beginning in №3, p. 112 - 117 DIFFERENTIAL EQUATIONS

Based on all these assumptions the differential equations for heat and mass transfer are written as follows [6]:

$$c_{p,i} \rho_i \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(A_{grad} T - c_{p,i} \rho_i v_i T) + Q_{acc} - E + RT - \frac{\sigma \sigma A_i (T_i^4 - T_w^4)}{v_i} \quad (9)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \Delta C_i - \text{div}(v_i C_i) - \frac{V_i}{V_i} Q_{acc} - E + RT, \quad (10)$$

Where: $c_{p,i}$ - average specific heat at constant pressure; ρ_i - air density; T - temperature; t - time;

$\vec{v}(u,v,w)$ - velocity vector; Q - heat rate (heat effect of chemical reaction); V - compartment volume; C_i - the mass fractions (concentrations) of the individual gaseous species; v_i and v_i - the stoichiometric coefficients. The mass fractions are defined as follows:

$$C_{m,i} = \frac{M_i C_i}{\sum M_i C_i} = \frac{M_i C_i}{\rho} \quad (11)$$

Where: "i" and "k" - are gas components numbers; M - molecular weights.

For the binary mixture of gas species:

$$C_{m,i} + C_{m,j} = 1. \quad (12)$$

The Fick's Law for the multi-mass fractions mixtures diffusion process can be written as follows:

$$g = -D \rho \text{grad} C_{m,i} + \vec{v} C_{m,i} \quad (13)$$

Where: D - diffusion coefficient (m²/sec) and $C_{m,i}$ - concentrations of mass fractions.

However, if the density of the mixture is assumed to be constant or the diffusivity coefficients for gas components are approximately equal, then one can assume that the diffusion process is independent for each component, and therefore the Fick's Law can be written as:

$$g = -D \rho \text{grad} C + C \quad (14)$$

Where: "C" is - the mass fraction (concentration) of a component of one-step chemical reaction (reactant or product of chemical reaction). This assumption simplifies considerably the number of partial differential equations (10). Instead it will be only one equation (10).

All chemical reactions one can divide in two groups: simple and complex. Simple reactions are the reactions where the velocity is a function of the mass fraction (concentration) of the reactant components only, and it is not dependant of mass fractions of products of a chemical reaction. As it is stated in [9]:

$$W = k C_A^m C_B^n \dots \quad (15)$$

Where: "k" is a portion of a chemical reaction velocity that is a function of temperature only, and $m=n_p+m_r+\dots$ is the order of a chemical reaction. Again, in order to simplify the computational process it will be assumed that the burning process of fuel in a compartment during a post-flashover fire stage can be presented as a first order chemical reaction. The assumption that the fire shell be presented by a second order chemical reaction has relatively small effect on main parameters of the temperature-time curve - the Structural Fire Load (see below). Many of combustion processes can be described as a first order chemical reaction, except for autocatalytic reactions: they are chemical reactions in which at least one of the products is also a reactant. The rate of these equations for autocatalytic reactions is fundamentally nonlinear.

CONSERVATION OF MOMENTUM

The Navier-Stokes equations describe the motion of fluid and gas substances, that can flow. These equations arise from applying Newton's second law to fluid motion, together with the assumption that the fluid stress is the sum of a diffusing viscous term plus a pressure term. They are one of the most useful sets of equations because they describe the physics of a large number of phenomena of academic and economic interest. They may be used to model weather, ocean currents, flow around an aircraft (wing) etc. The Navier-Stokes equations dictate not position but rather velocity. A solution of the Navier-Stokes equations is called a velocity field or flow field, which is a description of the velocity of the fluid or gas at a given point in space and time. Once the velocity field is solved for, other quantities of interest (such as flow

rate or drag force) may be found. This is different from what one normally sees in structural engineering, where solutions are typically trajectories of deflection of a structural element. The Navier-Stokes equations are nonlinear differential equations in almost every real situation. In some cases, such as one-dimensional flow and Stokes flow (or creeping flow), the equations can be simplified to linear equations. The nonlinearity makes most problems difficult or impossible to solve and is the main contributor to the turbulence that the equations model.

The nonlinearity is due to convective acceleration, which is an acceleration associated with the change in velocity over position. Hence, any convective flow, whether turbulent or not, will involve nonlinearity. An example of convective but laminar (non-turbulent) flow is the passage of a viscous fluid through a small constricting opening. Such flows, whether exactly solvable or not, can often be thoroughly studied and understood.

The derivation of the Navier-Stokes equations begins with an application of the conservation of momentum being written for an arbitrary control volume.

The most general form of the Navier-Stokes equation ends up being:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + v \cdot \nabla u \right) = -\nabla p + \nabla S_i + \vec{f} \quad (16)$$

Where: $\vec{v}(u,v,w)$ is the flow velocity, ρ is the fluid density, p is the pressure, S_i the stress tensor, and \vec{f} represents body forces (per unit volume) acting on the fluid and ∇ is the delta operator. This is a statement of the conservation of momentum in a fluid and it is an application of Newton's second law to a continuum.

A very significant feature of the Navier-Stokes equations is the presence of convective acceleration: the effect of time independent acceleration of a fluid with respect to space, represented by the quantity: $\vec{v} \cdot \nabla \vec{v}$, where $\nabla \vec{v}$ is the tensor derivative of the velocity vector, equal in Cartesian coordinates to the component by component gradient. This may be expressed in x; y and z coordinates as follows:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \text{Projection on "X" coordinates}$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} - \text{Projection on "Y" coordinates}$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} - \text{Projection on "Z" coordinates}$$

The effect of stress in the fluid is represented by ∇p and ∇S_i terms, these are gradients of surface forces, analogous to stresses in structural engineering analysis. ∇p is called the pressure gradient and arises from normal stresses. The term ∇S_i conventionally describes viscous forces; for incompressible (Newtonian) flow, and